

17.AUG.2007 13:39

EISENFUEHR SPEISER & PARTNER

NR. 820 S. 20/36

Express Mail No. EV889152845US

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09312934 A**(43) Date of publication of application: **02.12.97**

(51) Int. Cl.
H02J 3/24
H02J 3/36
H02J 15/00

(21) Application number: **08125835**(22) Date of filing: **21.05.98**(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor:
WATANABE MASAHIRO
AMANO MASAHIKO
KONISHI HIROO

(54) POWER SYSTEM STABILIZER OF POWER SYSTEM

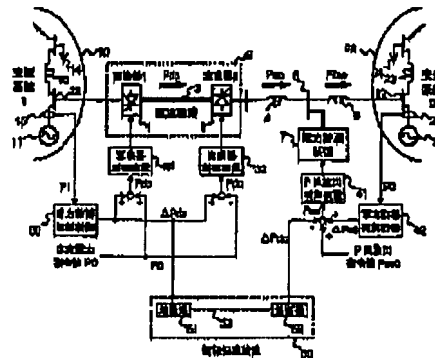
supplied to the 2nd AC system from the DC transmission apparatus 9.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To minimize the influence of a power disturbance upon a power system which has a DC transmission apparatus as the absorbing/discharging means of an AC power and stabilize the power system.

SOLUTION: 1st and 2nd power systems 10 and 20 are linked with each other by a DC transmission apparatus 9 and AC transmission lines 4 and 6. The respective power converters of the DC transmission apparatus 9 are controlled by converter controllers 31 and 32 and a DC transmission power P_{dc} is controlled to be a commanded value. The absorbed/discharged power of a power storage apparatus 7 connected to a bus-bar 5 is controlled by a power absorption/discharge controller 41. The output signal ΔP_{dc} of the power disturbance suppression controller 33 of the DC transmission apparatus 9 is obtained through an information transmitter 50. The output signal ΔP_{dc} is deducted from an ordinary power absorption/discharge command value P_{es0} and a power command value P_{es} supplied to the power absorption/discharge controller 41 is produced to suppress the fluctuation of a power flow which is



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-312934

(43) 公開日 平成9年(1997)12月2日

(51) Int.Cl. ⁹	機別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 J	3/24		H 0 2 J	3/24 Z
	3/36			3/36 C
	15/00	Z A A	15/00	Z A A B

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-125835

(22) 出願日 平成8年(1996)5月21日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 渡辺 雅浩

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 天野 雅彦

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 小西 博雄

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

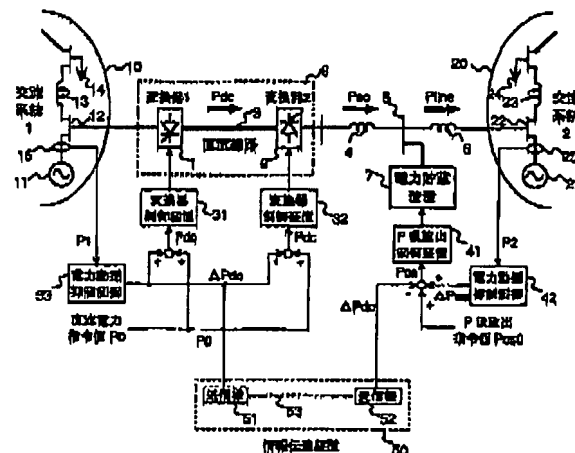
(74) 代理人 弁理士 高崎 芳祐

(54) 【発明の名称】 電力システムシステムの電力系統安定化装置

(57) 【要約】

【課題】 直流送電設備を交流電力の吸放手段とする電力システムシステムで、電力動揺の系統への影響を最小限にして電力システムを安定化する電力系統安定化装置を提供する。

【解決手段】 第1、第2の交流系統10、20は、直流送電装置9と交流送電線4、6で連系され、直流送電装置9の各電力変換器は変換器制御装置31、32によって制御され、直流送電電力 P_{dc} を指令された値に制御する。母線5に設置された電力貯蔵装置7は、電力吸放出制御装置41によってその吸放出力を制御され、平常時の電力吸放出指令値 P_{os0} から、情報伝達装置50介して得られた直流送電装置9の電力動揺抑制制御装置33の出力信号 ΔP_{dc} を減算し、電力吸放出制御装置41への電力指令値 P_{os} を作成することで、直流送電装置9のから交流系統2に供給される電力潮流の変動を抑制することが可能となる。



(2)

特開平 9-312934

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 2 つの交流電力系統の間に直流送電装置を接続し、この直流送電装置による電力変換によりこれら交流電力系統の安定化を図る電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記直流送電装置は、一方の交流電力系統の母線に接続された第 1 の電力変換装置と、他方の交流電力系統の母線に接続された第 2 の電力変換装置と、前記第 1 及び第 2 の電力変換装置間を結ぶ直流送電線路とで構成され、さらに、前記電力変換装置と前記交流系統との間を連系する交流送電線路の一方に、前記直流送電装置と協調して働く電力貯蔵装置を接続したことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 2】 前記請求項 1 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記交流送電線路の電力潮流の変動に応じて、前記電力貯蔵装置の吸放出電力を制御する電力吸放出制御装置を備えたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 3】 前記請求項 1 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記直流送電装置により前記一方の交流系統から変換される直流電力の変動に基づいて前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御する電力吸放出制御装置を備えたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 4】 前記請求項 3 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記一方の交流系統の電力動揺を抑制するような直流電力制御指令を形成する第 1 の電力動揺抑制装置を設け、前記電力吸放出制御装置は、前記第 1 の電力動揺抑制装置からの直流電力制御指令に基づいて、前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御するように構成されたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 5】 前記請求項 4 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記他方の交流系統の電力動揺を抑制するような直流電力制御指令を形成する第 2 の電力動揺抑制装置とを設け、前記電力吸放出制御装置は、前記第 1 の電力動揺抑制装置からの直流電力制御指令と前記第 2 の電力動揺抑制装置からの直流電力制御指令とに基づいて、前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御するように構成されたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 6】 前記請求項 5 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記第 1 の交流系統の交流電力値を検出する第 1 の交流電力値検出手段を設け、前記第 1 の電力動揺抑制装置は、前記第 1 の交流電力値検出手段により検出された交流電力値に基づいて、前記第 1 交流系統の電力動揺を抑制するような直流電力制御指令を形成するように構成され、加えて、前記第 2 の交流系統の交流電力値を検出する第 2 の交流電力値検出手段を設け、前記第 2 の電力動揺抑制装置は、前

記第 2 の交流電力値検出手段により検出された交流電力値に基づいて、前記第 2 交流系統の電力動揺を抑制するような直流電力制御指令を形成するように構成されたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 7】 前記請求項 4 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記第 1 の電力動揺抑制装置と前記電力吸放出制御装置との間には、前記第 1 の電力動揺抑制装置により生成された直流電力制御指令を前記電力吸放出制御装置へ伝送するための信号伝送手段を設けたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 8】 前記請求項 3 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記直流送電装置により変換される交流電力の電力値を検出する手段と、前記交流電力検出手段により検出された電力値と前記直流送電装置により変換される直流電力との偏差を演算する手段を設け、前記電力吸放出制御装置は、前記偏差演算手段からの偏差に基づいて、前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御するように構成されたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 9】 前記請求項 8 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記偏差演算手段と前記制御装置との間には、前記偏差演算手段からの偏差を前記電力吸放出制御装置へ伝送するための信号伝送手段を設けたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 10】 前記請求項 1 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記直流送電装置から前記第 2 の交流系統へ供給される交流電力に基づいて、前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御する電力吸放出制御装置を備えたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 11】 前記請求項 10 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記直流送電装置から前記第 2 の交流系統へ供給される交流電力に基づいて、前記第 2 の交流系統の電力変動を抑制するような電力変動抑制出力を形成する電力変動抑制制御部を設けたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 12】 前記請求項 11 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記直流送電装置を構成する前記第 2 の電力変換器からの交流電力を検出する手段を設け、前記電力変動抑制制御部は、前記交流電力値検出手段により検出された電力値に基づいて、前記第 2 交流系統の電力変動を抑制するような電力吸放出指令を形成するように構成されたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項 13】 前記請求項 12 に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記直流送電装

50

(3)

特開平9-312934

3

置の電力変換動作を検知する変換器動作状態検出部を設け、前記変換器動作状態検出部による前記直流送電装置の電力変換動作状態に基づいて、前記電力変動抑制制御部から出力される電力吸放出指令を断続するように構成したことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項14】 前記請求項13に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記変換器動作状態検出部は、前記直流送電装置の変換器の故障もしくは動作異常を検出する異常検出手段を備え、前記電力吸放出制御装置は、前記異常検出手段により検出された変換器の故障もしくは動作異常に応じて前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御するように構成されたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項15】 前記請求項1に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記電力貯蔵装置の停止状態を検出するための手段と、前記電力貯蔵装置停止状態検出手段からの検出信号に基づいて、前記電力変換装置による電力変換量を制限する手段とを設けたことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【請求項16】 前記請求項1に記載した電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記電力貯蔵装置を、回転子に交流励磁することで電力の吸放出を行うことを可能とする可変速同期機、電力の吸放出を行うことの可能な2次電池、超電導コイルと電力系統間の電力を制御する電力変換装置を具備する超電導エネルギー貯蔵装置、及び、回転子に可逆式ポンプ水車が連結された交流励磁式の可変速揚水発電機のいずれかの少なくとも1つにより構成したことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の交流電力系統の間に直流送電装置を接続してなる電力系統システムにおける電力系統安定化装置に関し、特に、直流送電装置による電力変換により交流電力系統の安定化を図る電力系統安定化装置に関する。

【0002】

【従来の技術】交流電力系統に対して有効電力を吸放出制御することにより、電力系統の電力動揺を抑制することが可能である。従来、例えば、交流有効電力の吸放出手段として、直流送電設備を用いた場合には、直流送電設備の変換器変換電力を制御することによって、変換器の接続された電力系統の安定化を図ることが可能となる。また、有効電力の吸放出手段として電力貯蔵装置を用いた場合は、電力貯蔵装置の出力を制御することで、電力系統の安定化を図ることが可能である。例えば、特開平5-153732号公報に示されるように、電力の吸放出を可能とする可変速同期機を用いて電力系統の安

4

定度を向上させる装置が既に知られている。

【0003】しかしながら、電力貯蔵装置を用いた場合、専用のエネルギー蓄積装置と電力変換装置が必要となり、装置の大型化や高価な工事費、日常の保守の大変さ、さらには、常時損失の発生に伴う電力系統の効率の低下などの問題点が指摘され、例えば、特開平5-316657号公報に示されるように、かかるエネルギー蓄積装置に代えて、交流電力系統間に変換器を含む直流システムを設け、変換器の接続された電力系統の電力動揺を検出し、その変動に応じて直流送電電力を制御することで、交流系統の安定化を図る制御装置が既に提案されている。

【0004】また、電力の貯蔵のための設備としては、例えば、特開平5-300658号公報によれば、2つの交流系統の間に介在する直流系統内に電力貯蔵装置を設け、これらの交流系統が健全であるときは電力を貯蔵し、いずれかの交流系統に事故等が発生した場合には、電力の送出又は吸収を行うように制御するものが既に知られている。

【0005】

【課題を解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術、特に、特開平5-316657号公報に示される電力システムの安定化制御方法では、直流送電設備の変換器変換電力を変動させて系統の電力動揺を抑制する場合、直流送電線を介して他方の変換器変換電力をも変動してしまうこととなる。そのため、他方の変換器が接続している電力系統では、かえって電力動揺が拡大されてしまう場合が生じるという欠点があった。また、交流系統の故障や、直流系統の故障によって変換器変換電力が一時的に低下した場合、むしろ、交流系統に電力変動を引き起こしてしまうという欠点も指摘されていた。さらに、上記の特開平5-300658号公報により知られる送電設備及び該設備に用いられる電力貯蔵設備では、電力の貯蔵に主眼が置かれたためであり、上記のような従来技術における問題点、すなわち電力動揺を抑制し、これを解消するものではない。

【0006】そこで、本発明の目的は、以上のような従来方式の問題点を解決し、すなわち、直流送電設備の各変換器の接続された電力系統の安定化を図ることが可能で、同時に、直流送電設備の送電電力が一時的に変動した場合にも系統に与える影響を最小限にとどめることを可能とする電力系統システムにおける電力系統安定化装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、少なくとも2つの交流電力系統の間に直流送電装置を接続し、この直流送電装置による電力変換によりこれら交流電力系統の安定化を図る電力系統システムの電力系統安定化装置において、前記直流送電装置は、一方の交流電力系統の母線に接続された第1の電力変換装置と、他方の交流電力

50

(4)

特開平9-312934

5

6

系統の母線に接続された第2の電力変換装置と、前記第1及び第2の電力変換装置間を結ぶ直流送電線路とで構成され、さらに、前記電力変換装置と前記交流系統との間を連系する交流送電線路の一方に、前記直流送電装置と協調して働く電力貯蔵装置を接続したことを特徴とする電力系統システムの電力系統安定化装置が提案されている。

【0008】また、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記交流送電線路の電力潮流の変動に応じて、前記電力貯蔵装置の吸放出電力を制御する電力吸放出制御装置を備えたものが提案されている。

【0009】さらに、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記直流送電装置により前記一方の交流系統から変換される直流電力の変動に基づいて前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御する電力吸放出制御装置を備えたものが提案されている。

【0010】加えて、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記一方の交流系統の電力動揺を抑制するような直流電力制御指令を形成する第1の電力動揺抑制装置を設け、前記電力吸放出制御装置は、前記第1の電力動揺抑制装置からの直流電力制御指令に基づいて、前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御するように構成されたものが提案されている。

【0011】そして、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、さらに、前記他方の交流系統の電力動揺を抑制するような直流電力制御指令を形成する第2の電力動揺抑制装置とを設け、前記電力吸放出制御装置は、前記第1の電力動揺抑制装置からの直流電力制御指令と前記第2の電力動揺抑制装置からの直流電力制御指令とに基づいて、前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御するように構成されたものが提案されている。

【0012】また、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記第1の交流系統の交流電力値を検出する第1の交流電力値検出手段を設け、前記第1の電力動揺抑制装置は、前記第1の交流電力値検出手段により検出された交流電力値に基づいて、前記第1交流系統の電力動揺を抑制するような直流電力制御指令を形成するように構成され、加えて、前記第2の交流系統の交流電力値を検出する第2の交流電力値検出手段を設け、前記第2の電力動揺抑制装置は、前記第2の交流電力値検出手段により検出された交流電力値に基づいて、前記第2交流系統の電力動揺を抑制するような直流電力制御指令を形成するように構成されたものが提案されている。

【0013】また、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記第1の電力動揺抑制装置と前記電力吸放出制御装置との間には、前記第

1の電力動揺抑制装置により生成された直流電力制御指令を前記電力吸放出制御装置へ伝送するための信号伝送手段を設けたものが提案されている。

【0014】また、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記偏差演算手段と前記制御装置との間には、前記偏差演算手段からの偏差を前記電力吸放出制御装置へ伝送するための信号伝送手段を設けたものが提案されている。

【0015】また、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記直流送電装置から前記第2の交流系統へ供給される交流電力に基づいて、前記第2の交流系統の電力変動を抑制するような電力変動抑制出力を形成する電力変動抑制制御部を設けたものが提案されている。

【0016】また、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記直流送電装置の電力変換動作を検知する変換器動作状態検出部を設け、前記変換器動作状態検出部による前記直流送電装置の電力変換動作状態に基づいて、前記電力変動抑制制御部から出力される電力吸放出指令を断続するように構成したものが提案されている。

【0017】また、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記変換器動作状態検出部は、さらに、前記直流送電装置の変換器の故障もしくは動作異常を検出する異常検出手段を備え、前記電力吸放出制御装置は、前記異常検出手段により検出された変換器の故障もしくは動作異常に応じて前記電力貯蔵装置による吸放出電力を制御するように構成されたものが提案されている。

【0018】また、本発明の実施の形態によれば、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記電力貯蔵装置の停止状態を検出するための手段と、前記電力貯蔵装置停止状態検出手段からの検出信号に基づいて、前記電力変換装置による電力変換量を制限する手段とを設けたものが提案されている。

【0019】また、上記本発明の電力系統システムにおける電力系統安定化装置において、前記電力貯蔵装置を、回転子を交流励磁することで電力の吸放出を行うことを可能とする可変速同期機、電力の吸放出を行うことの可能な2次電池、超電導コイルと電力系統間の電力を制御する電力変換装置を具備する超電導エネルギー貯蔵装置、回転子に可逆式ポンプ水車が連結された交流励磁式の可変速出水発電機のいずれかの少なくとも1により構成したものが提案されている。

【0020】以上のように、交直変換装置と電力貯蔵装置を協調して制御することにより、直流送電線路両端で異なった電力動揺モードに対して、各々独立な制御を行うことが可能となり、系統の安定化を効率的に図ることができる。すなわち、これは、直流送電設備両端の系統それぞれに独立なエネルギー吸放出制御装置が設置され

(5)

特開平9-312934

7

たことと同じ安定化効果が得られることとなる。

【0021】また、直流変換器の変換電力に協調して電力貯蔵装置の出力を制御することで、直流送電線路の故障や、変換器の近くの交流系統での故障などの原因によって直流変換電力が一時的に低下した場合に、変換電力の低下分を補い、交流系統への悪影響を低減させることが可能となる効果が得られる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、添付の図面を参照して詳細に説明する。図1は、本発明になる電力系統安定化装置を、直流送電装置9と電力貯蔵設備とで構成した場合の例を示したものである。この図において、発電機11、母線12、送電線13、負荷14などで構成される第1の交流系統10と、発電機21、母線22、送電線23、負荷24などで構成される第2の交流系統20は、上記の直流送電装置9と送電線4、6とを介して連系されている。この直流送電装置9は、第1の電力変換器1、第2の電力変換器2、直流線路3で構成され、各電力変換器は変換器制御装置31、32によってそれぞれ制御され、直流送電電力Pdcを指令された値に保つ。各電力変換器への直流送電電力の指令値Pdcは、定常状態での指令値（直流電力指令値）POに第1の交流系統で電力動揺が発生した場合に交流電力動揺を抑制させるような直流電力制御分の指令値（電力動揺抑制制御信号） ΔPdc を加える（ $Pdc = PO + \Delta Pdc$ ）ことで作成される。また、第1の交流系統に設置された電力検出器15は系統の電力値を検出し、この信号を基に電力動揺抑制制御装置33で電力動揺抑制制御信号である ΔPdc が作成される。すなわち、 ΔPdc 信号に従って直流電力を変動させ、もって、第1の交流系統の電力動揺を抑制することができる構成となっている。

【0023】一方、上記の送電線4と送電線6との間に設置された母線5には、電力貯蔵装置7が設置されている。この電力貯蔵装置7は、電力（P）吸放出制御装置41によって、その吸放出電力が制御される。また、この電力（P）吸放出制御装置41への電力指令値Posは、平常時の電力（P）吸放出指令値Pos0に、第2の交流系統で電力動揺が発生した場合に電力動揺を抑制させるような吸放出電力制御分 ΔPos を加え、さらに、上記直流送電装置9の電力動揺抑制制御装置33の出力値 ΔPdc を減じることで作成される。

【0024】すなわち、第2の交流系統に設置された電力検出器25は系統の電力値を検出し、この信号を基に電力動揺抑制制御装置42で制御信号 ΔPos が作成される。そして、電力（P）吸放出指令値Pos0に ΔPos を加えることで、電力貯蔵装置7の吸放出電力は第2の交流系統20の電力動揺を抑制するように制御される。また、 ΔPdc を減じることで、直流送電装置9の第2の変換器2から第2の交流系統に流れる電力潮流P

8

acの変動を低減させることができる。なお、上記の ΔPdc 信号は、直流送電装置9を制御する上記電力動揺抑制制御装置33からの出力（ ΔPdc ）を、情報伝達装置50によって、電力貯蔵装置7の制御装置に伝達することにより形成されている。この情報伝達装置50は、図からも明らかなように、送信器51、受信器52、信号伝達経路53とから構成されており、送信器51と受信器52の間は信号伝達経路53を介して信号が伝達される。この情報伝達装置50としては、例えば光ケーブルによる通信装置やマイクロエーブを用いた通信装置を用いてもよいし、あるいは、電力貯蔵装置7と直流送電装置9が十分近い場所にある場合には、直接信号線路を設置してもよい。

【0025】以上のように、直流送電装置9と電力貯蔵装置7とを協調して動作させることで、交流系統の電力動揺を低減させるように直流電力Pdcを変動させた影響が他の交流系統に影響を与えることを抑制することが可能となる。すなわち、第1の交流系統の電力動揺を抑制するために直流送電装置9は電力動揺抑制制御装置33の指令に従って直流電力Pdcを変動させる必要があるが、これに伴って、直流送電装置9から第2の交流系統2へ変換される電力Pacも変動してしまい、第2の交流系統2に悪影響を与える場合がある。そこで、この電力変動を電力貯蔵装置7の電力制御機能を用いて相殺することで、直流送電装置9は第2の交流系統に悪影響を与えることなく、直流電力Pdcを変動させることが可能となる。また、電力貯蔵装置7を第2の交流系統2の電力動揺を抑制するように動作させることで、第1、第2の交流系統の電力動揺をそれぞれ独立に抑制することが可能となる。

【0026】なお、上記の実施の形態では、直流電力Pdcを用いるとして説明したが、この直流電力Pdcに代えて、直流電圧、あるいは、直流電流を用いることも可能である。すなわち、直流電流が一定の時には、この直流電圧は上記直流電力Pdcと同様の動きを示し、直流電圧が一定の時には、この直流電流は上記直流電力Pdcと同様の動きを示すことによる。また、いずれかの変換器端の交流電圧の実効値も、変換器が正常に動作する場合、交流電流が一定であれば直流電力と同様の動きを示すことから、これらを利用することも出来る。さらには、いずれかの変換器端の交流電流の実効値も、変換器が正常に動作する場合、交流電圧が一定であれば直流電力と同様の動きを示すことから、これらをも利用することも出来る。

【0027】さらには、上記の直流電力Pdcを直接検出する代わりに、この直流電力Pdcを他の検出信号から推定することも可能である。例えば、直流電流を一定とみなすことが出来れば、直流電圧を検出することで直流電力Pdcの代わりに用いてもよい。同様に、直流電圧を一定とみなせることが出来れば、直流電流を検出す

(6)

特開平 9-312934

9

10

ること、直流電力 P_{dc} の代わりに用いても良い。また、変換器端あるいは電力貯蔵装置設置点付近の交流電圧や交流電流から推定しても良いし、変換器端あるいは電力貯蔵装置設置点付近の交流電圧または交流電流の周波数変動や位相の変動から推定しても良い。さらには、上記の直流送電装置 9 を構成する変換器が他励式変換器の場合には、点弧制御角や位相余裕角から推定し、あるいは、変換器が自励式変換器の場合には、変換器電圧の大きさや位相の指令値もしくは実測値から推定することも可能である。

【0028】次に、上記図 1 に示した電力系統安定化装置における各機器の動作の一例を図 2 に示す。まず、直流送電装置 9 の変換器 2 の変換電力 P_{ac} は、 P_O に ΔP_{dc} を加えて、図 2 (a) のグラフに示すように変動した場合を考える。ここで、電力貯蔵装置 7 には第 2 の交流系統 2 の電力変動を抑制するために、図 2 (c) のグラフに示すような動揺抑制制御指令値 ΔP_{os} が与えられたとする。この場合、電力貯蔵装置 7 は、変換器 2 の変換電力 P_{ac} の変動を相殺しながら、第 2 の交流系統 2 に対して所望の電力制御を行うために、図 2 (b) のグラフに示す P_{es} のように電力を吸放出する。これにより、第 2 の交流系統 2 への線路電力 P_{line} は、図 2 (c) のグラフに示すように、 P_{ac} と P_{es} とを足し合わせた ($P_{ac} + P_{es}$) 波形となり、電力動揺抑制制御装置 4 2 の指令通りの電力変動が得られる。ここで、電力潮流の向きは図 1 中に示す矢印の向きを正、電力貯蔵装置の出力の向きは電力貯蔵装置 7 から系統の母線 5 に電力を放出する向きを正としている。

【0029】なお、上記の図 1 では、電力貯蔵装置 7 に伝達する信号として、電力動揺抑制制御装置の出力 ΔP_{dc} を用いたが、この信号は直流電力の変動を表す信号であれば、他の信号を用いてもかまわない。例えば、図 3 に示すように、第 2 の変換器 2 の変換電力 P_{ac} を電力検出器 8 で検出し、直流電力指令値 P_O との偏差を ΔP_{dc} として ($\Delta P_{dc} = P_{ac} - P_O$)、電力貯蔵装置 7 に伝達することでも、上記図 1 に示した装置と同等の効果を得られる。また、この場合、交流系統または直流系統における落電等による系統故障が原因で、変換器が正常に動作できず、変換電力が低下した場合には、直流送電装置 9 から交流系統への供給電力減少分を上記電力貯蔵装置 7 によって補うことも可能となる。

【0030】上記の図 3 に示した制御装置を用いた場合の各機器の動作の一例を図 4 に示す。系統への何らかの外乱によって、第 2 の変換器 2 の変換電力 P_{ac} が、図 4 (a) のグラフに示すように変動した場合を考える。ここで、動揺抑制制御指令値 ΔP_{os} は、図 4 (c) のグラフに示すように常に零 (0) であるとする。従って、一時的に変換器 2 から交流系統 2 へ供給される電力は、低下することになる。このとき、電力の低下分は交流電力 P_{ac} と直流電力指令値 P_O との偏差 ΔP_{dc}

($= P_{ac} - P_O$) として検出され、この信号に基づいて電力貯蔵装置 7 の出力は図 4 (b) のグラフに示すように制御される。この結果、交流系統 2 への供給電力 P_{line} の変動は、図 4 (c) のグラフに示すようにほぼ零 (0) に抑制することが可能となる。ここで、電力潮流の向きは図 1 中に示す矢印の向きを正、電力貯蔵装置出力の向きは電力貯蔵装置 7 から系統の母線 5 に電力を放出する向きを正とする。

【0031】続いて、図 5 には、直流送電装置 9 と電力貯蔵装置 7 の間での信号の伝達を行わない場合の構成を示す。直流送電装置 9 から交流系統 2 に供給される電力 P_{ac} は、電力検出装置 8 によって検出され、電力変動抑制制御部 6 0 の入力信号となる。この電力変動抑制制御部 6 0 の出力は、電力貯蔵装置 7 の電力 (P) 吸放出指令値 P_{os} に加えられ、線路電力の変動を相殺するように電力貯蔵装置 7 の出力が制御される。このような構成により、直流送電装置 9 の変換電力が急変した場合でも、交流系統 2 へ供給される電力の変動は抑制できる。すなわち、電力変動抑制制御部 6 0 は、例えば、リセットフィルタ 6 1、位相補償ブロック 6 2、ローパスフィルタ 6 3、ゲインブロック 6 4 により構成することができ、かかる構成によれば、リセットフィルタ 6 1 で電力の変動分を抽出し、位相補償ブロック 6 2 及びローパスフィルタ 6 3 により、伝達遅れ補償及び高周波除去を行う。また、ゲインブロック 6 4 のゲインは系統状態などに応じて調整すればよく、かつ、このゲインは負の値とする必要がある。

【0032】このように、電力貯蔵装置 7 を、直流送電設備 9 の電力変動によって線路電力に変動が発生するような線路に設置し、線路電力の変動に応じて制御を行うことで、直流送電設備 9 と電力貯蔵装置 7 との間での信号の伝達等を行わなくても、直流送電装置 9 の電力変動や一時的な変換電力低下の交流系統への影響を低減することが可能となる。また、電力貯蔵装置 7 の設置場所が、変換器 2 の設置された変換所内の母線へ設置されていれば、通信設備も簡便化でき、信号伝達の遅れも小さく、最も有効に直流送電電力変動の影響を低減することができる。

【0033】また、直流送電装置 9 の運転状態に応じて、電力貯蔵装置 7 の制御方式を変更してもよい。例えば、図 6 に示すように、変換器動作状態検出部 3 4 で直流送電装置 9 の変換器の動作状態を検知し、変換器が停止している場合に電力変動抑制制御部 6 0 の動作を停止するようにすれば、電力貯蔵装置 7 の不要な動作を避けることができる。あるいは、直流送電装置 9 の故障もしくは動作異常を検出するための異常検出装置を設け、この異常検出装置により検出される異常の種類に応じて、前記電力貯蔵装置 7 の吸放出電力を制御する電力 (P) 吸放出制御装置 4 1 の制御を変えるように構成することも可能である。

(7)

特開平9-312934

11

12

【0034】その他にも、例えば、電力貯蔵装置7が停止状態であったり、直流送電装置9により制御可能な電力が制限されているような状態にある場合、これを検出する装置を設け、この検出装置により検出される状態に応じて、直流送電装置9を用いた電力動揺抑制制御を制限するような制御装置を備えてもよい。

【0035】なお、以上に述べてきた直流送電装置の変換器は、自動式変換器、他励式変換器、もしくはそれらの組合せのいずれでも、同様に効果を有するものである。また、第1および第2の交流系統は、分離されているか、交流系統で接続されているかに関わらず、同様な効果が得られる。

【0036】ここで、上記の電力貯蔵装置7として適用できる機器の具体的な例について説明する。図7には、この電力貯蔵装置7として超電導コイルを用いた機器の例を示す。図において、超電導コイル72には変換器71が接続され、この変換器71を制御して超電導コイルに流れる電流量を調整する。このことにより、昇圧変圧器70を介して、交流系統母線5との間での電力の授受を行うことが可能となる。

【0037】さらに、図8には、上記電力貯蔵装置7として、2次電池を用いた機器の例を示す。すなわち、2次電池74を変換器73に接続し、変換器73を制御することで、昇圧変圧器70を介して交流系統母線5との間で電力の授受を行うことが可能となる。なお、この2次電池としては、例えば、鉛蓄電池、NaS電池、ニッケル・カドミウム電池、リチウム電池など、電力の充放電を可能とする電池を用いればよい。

【0038】図9には、可変速同期機を上記電力貯蔵装置7として用いた他の機器の例を示す。ここで、可変速同期機は、二次励磁電圧の位相を制御し、回転子の回転エネルギーとして蓄積することで、電力の貯蔵を行うことが出来る。すなわち、図示のように、可変速同期機81は固定子82と回転子83とを含んでおり、この固定子82の3相1次巻線は、昇圧変圧器昇圧変圧器70を介して交流系統母線5に接続されている。また、この回転子83にはフライホイール84が連結されている。かかる構成の可変速同期機では、回転子83の3相二次巻線85(a、b、c)は、励磁制御装置88によって交流励磁される。なお、この励磁制御装置88は、励磁量設定手段87と位相変換手段86(a、b、c)を含んで構成されている。そして、この励磁量設定手段87は有効電力指令値に従って、可変速同期機81の出力が指令値に一致するように、回転子82の励磁量を設定する。なお、上記のフライホイール84は、回転子3に蓄えるエネルギー量を大きくする目的で接続されているが、回転子3のみでも十分なエネルギーが蓄積できる場合には、特に必要はない。また、このフライホイール84の代わりに、水準を接続した可変速揚水発電機でも、上記と同様に、電力の吸放出は可能であり、やはり、本

発明の電力系統安定化装置における電力貯蔵装置として機能させることができる。

【0039】

【発明の効果】以上の詳細な説明からも明らかなように、本発明になる電力系統システムにおける電力系統安定化装置によれば、直流送電設備を交流有効電力の吸放出手段として用いた電力系統システムにおいて、直流送電設備の変換器が接続された電力系統のいずれに対しても、電力動揺を拡大させることなく、電力系統の安定化を図ることが可能となり、さらには、交流系統の故障や、直流系統の故障によって変換器変換電力が一時的に低下した場合でも、系統に与える影響を最小限にとどめることが可能となるという、技術的にも極めて優れて効果を発揮することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明になる電力系統安定化装置を適用した電力系統システムの構成図である。

【図2】上記電力系統安定化装置における電力系統安定化動作を説明するための波形図である。

【図3】本発明の他の実施の形態になる電力系統安定化装置を説明する一部構成図である。

【図4】上記他の実施の形態になる電力系統安定化装置の電力系統安定化動作を説明する波形図である。

【図5】本発明の更に他の実施の形態になる電力系統安定化装置を説明する構成図である。

【図6】本発明の更に他の実施の形態になる電力系統安定化装置を説明する構成図である。

【図7】上記本発明になる電力系統安定化装置における電力貯蔵装置の具体的構成例を示す図である。

【図8】上記本発明になる電力系統安定化装置における電力貯蔵装置の他の具体的構成例を示す図である。

【図9】上記本発明になる電力系統安定化装置における電力貯蔵装置の更に他の具体的構成例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 第1の電力変換器
- 2 第2の電力変換器
- 3 直流線路
- 4、6、13、23 送電線
- 5、12、22 母線
- 7 電力貯蔵装置
- 8、15、25 電力検出器
- 9 直流送電設備
- 10 第1の交流系統
- 11、21 発電機
- 14、24 負荷
- 20 第1の交流系統
- 31、32 変換器制御装置
- 33 電力動揺抑制制御装置
- 34 変換器動作状態検出部
- 41 電力吸放出制御装置

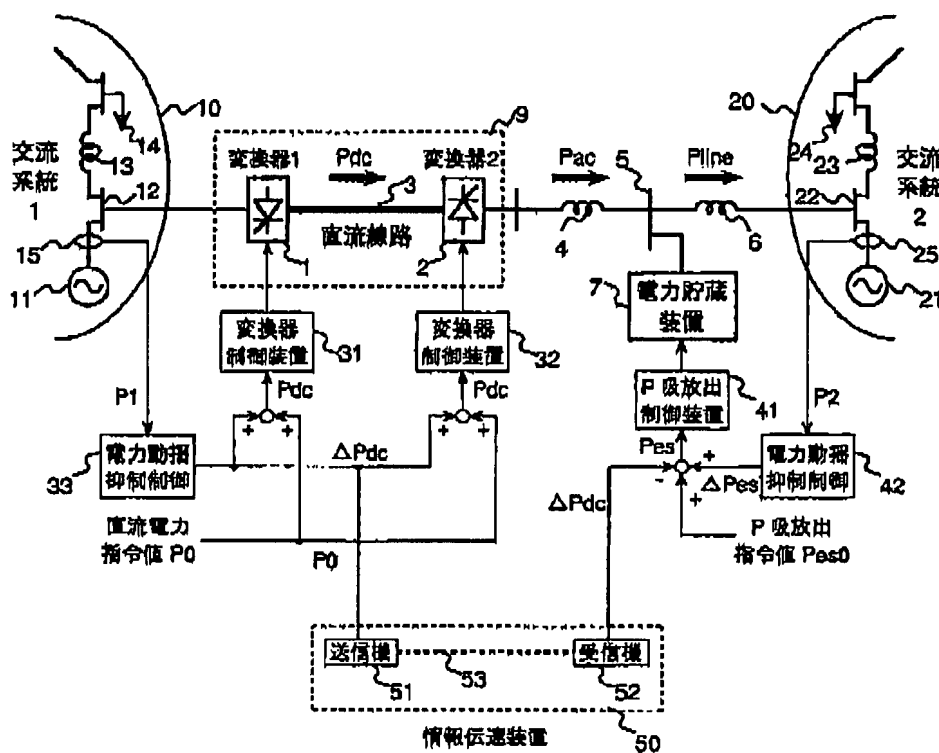
(8)

特開平9-312934

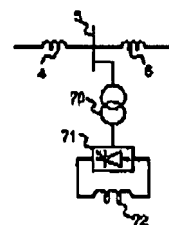
- 13
42 電力動揺抑制制御装置
50 情報伝達装置
51 送信機
52 受信機
53 信号伝達経路
60 電力変動抑制制御部
61 リセットフィルタ
62 位相補償ブロック
63 ローパスフィルタ
64 ゲインブロック
70 昇圧変圧器

- 71、73 変換器
72 超電導コイル
74 2次電池
81 可変速同期機
82 固定子
83 回転子
84 フライホイール
85 二次巻線
86 位相変換手段
87 励磁量設定手段
88 励磁制御装置

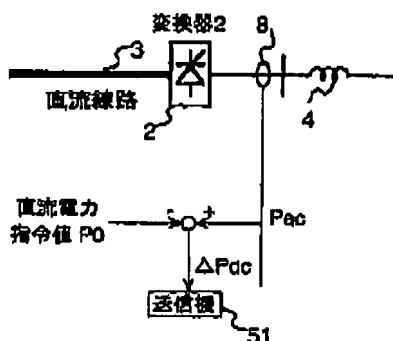
【図1】



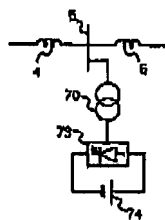
【図7】



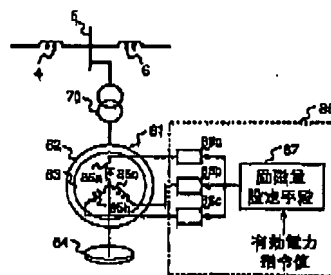
【図3】



【図8】



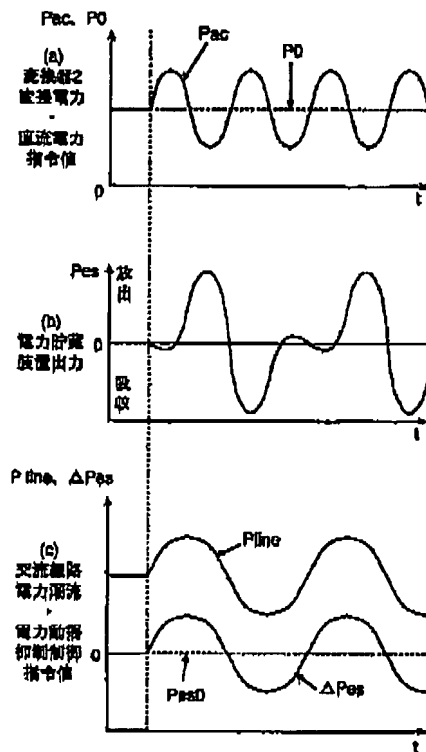
【図9】



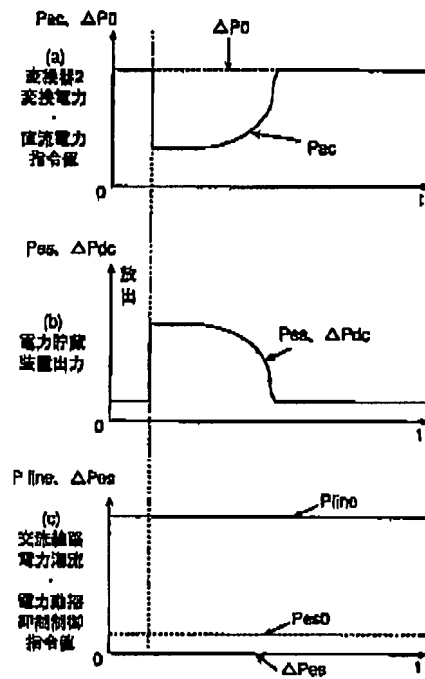
(9)

特開平9-312934

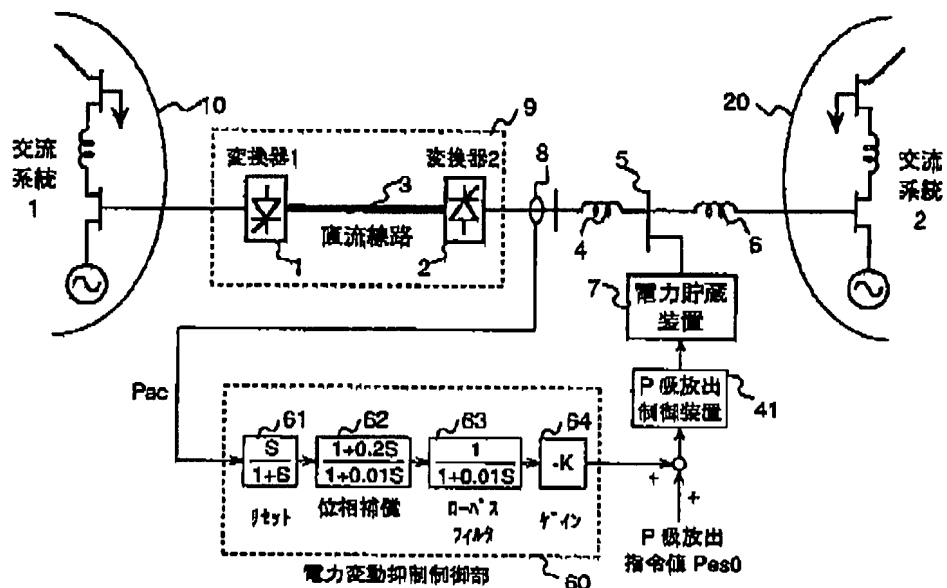
【図2】



【図4】



【図5】



(10)

特開平9-312934

【図6】

